CAPÍTULO II

MICROORGANISMOS PATÓGENOS DE INTERÉS

Existen muchos microorganismos patógenos en el agua que deben ser considerados en el análisis y diseño de cualquier proceso de desinfección del agua potable. Sean estos patógenos bacterias, virus o protozoarios, es necesario conocer su resistencia al desinfectante que se esté considerando utilizar. Algunos microorganismos como los virus resultan ser muy resistentes a la radiación UV, por ejemplo, pero son a su vez ofrecen muy poca resistencia a la desinfección con cloro. Por esta razón es importante identificar aquellos microorganismos patógenos que pudieran mostrar la mayor resistencia a la desinfección solar y regir en un momento dado el diseño de este proceso. El propósito de este capítulo es identificar dicho microorganismo y proponer en base a ello el uso de un indicador no patogénico a utilizar en la fase experimental.

2.1 Patógenos de interés presentes en el agua

Varios organismos patógenos de transmisión fecal-oral pueden estar presentes en el agua cruda, entre ellos bacterias tales como *Salmonella, Shigella,* y *Vibrio cholerae* son clásicos patógenos de preocupación. Estas bacterias y varios agentes virales han sido encontrados en abastecimientos de agua desde hace mucho tiempo. Sin embargo, hoy en día se han identificado otros patógenos importantes en el agua, como algunos protozoarios, cuya presencia en el agua cruda pudiera significar graves problemas de salud pública.

En los últimos 15 años se han identificado protozoarios tales como *Giardia* y *Cryptosporidium* que han demostrado una considerable resistencia a la desinfección química durante el tratamiento de agua potable. Es tal la resistencia de estos dos patógenos a los procesos tradicionales de desinfección del agua que las regulaciones actuales de potabilización especifican su inactivación/remoción para garantizar una buena desinfección.

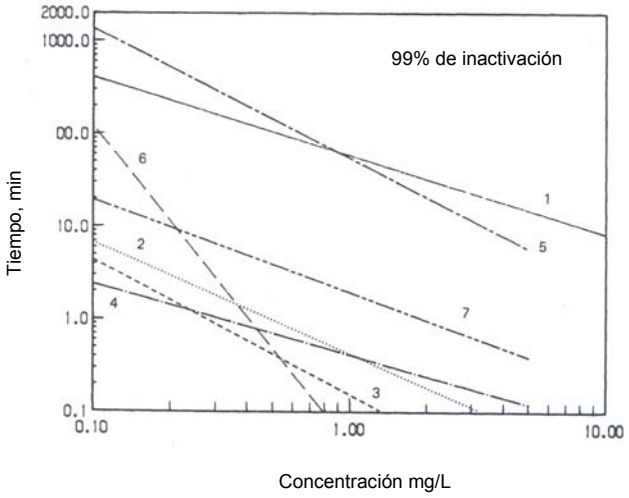

Figura 2.1 Relación concentración-tiempo para inactivar 99% de diferentes microorganismos por varios desinfectantes. La línea (1) *Giardia lamblia;* cloro libre, 5 °C. (2*) E. coli*; cloro libre, de 2 a 5 °C, Ph de 8.5. (3) *E. coli*; cloro libre, 20 a 25 °C, Ph de 8.5. (4) *Poliovirus;* cloro libre, 2 °C, Ph 6. (5) *E. coli*; cloro combinado, 3 a 5 °C, Ph 7, (6) *Poliovirus;* ozono, 20 °C, Ph 7.2. (7) *Giardia muris;* ozono, 5 °C, Ph 7. (AWWA, 1999).

Con la finalidad de mostrar de manera mas detallada cuales son los patógenos relevantes y su respectiva resistencia a la desinfección química, la Figura 2.2 presenta las combinaciones de tiempo de contacto y concentración requeridas para lograr 99% de inactivación de *Giardia lamblia, Giardia muris, E. coli,* y *poliovirus* bajo condiciones especificas de Ph y temperatura.

De acuerdo a la Figura 2.2 se requiere, por ejemplo, una concentración de 1 mg/L de cloro libre aplicado por 90 minutos para lograr 99% de inactivación de *Giardia lamblia* a 5°C (ver línea 1). En contraste, a una temperatura y concentración similar, el cloro libre aplicado por 0.5 minutos produciría un nivel de inactivación equivalente de *E. coli.* Con esta sencilla comparación se puede observar la superior resistencia de *Giardia lamblia* a la desinfección química.

Sin embargo, la Figura 2.2 demuestra que las dosis requeridas para la inactivación de *Cryptosporidium parvum* con cloro libre, también a 5°C, son considerablemente mayores que las requeridas para *Giardia lambia y E. coli.* Note que la dosis de cloro libre, graficada en el eje de las abscisas de la Figura 2.2, se encuentra expresada en términos de *CT* (producto de la concentración de desinfectante y el tiempo de contacto utilizado).

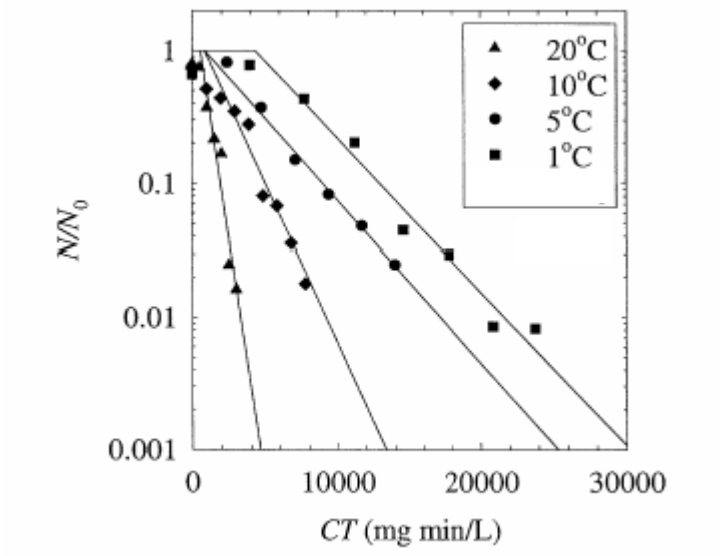

Figura 2.2 Inactivación de *Cryptosporidium parvum* con cloro libre a pH 6.0.

La resistencia a la desinfección química de este microorganismo es muy superior a la mayoría de los patógenos presentes en el agua. Para demostrar esto sólo es necesario observar que para lograr un 99% de inactivación con cloro libre de *E. coli, Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum* se requieren valores de *CT* de 0.5, 90 y 17,000 mg·min/L, respectivamente.

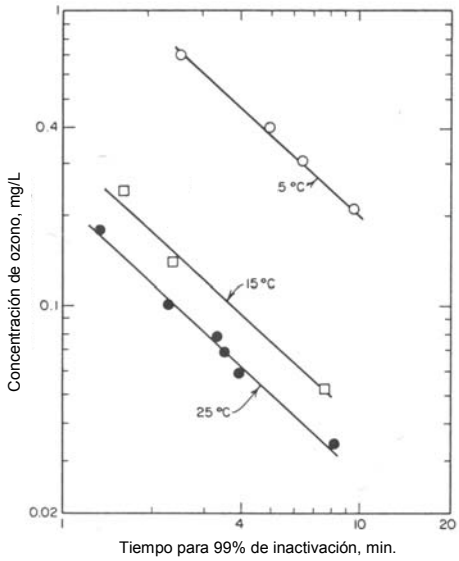

Figura 2.3 Efecto de la temperatura en la inactivación de *Giardia muris* con ozono a pH 7.0 (Wickramanayake et al, 1985).

De manera similar, se ha demostrado que *Cryptosporidium parvum* es significativamente más resistente que *Giardia* a la desinfección con ozono. De acuerdo a la Figura 2.3 se observa que la dosis necesaria para inactivar 2 unidades logarítmicas de *G. muris* a 5°C es de ~ 2 mg·min/L, mientras que para el *Cryptosporidium parvum* la dosis es de 32 mg·min/L (Figura 2.4).

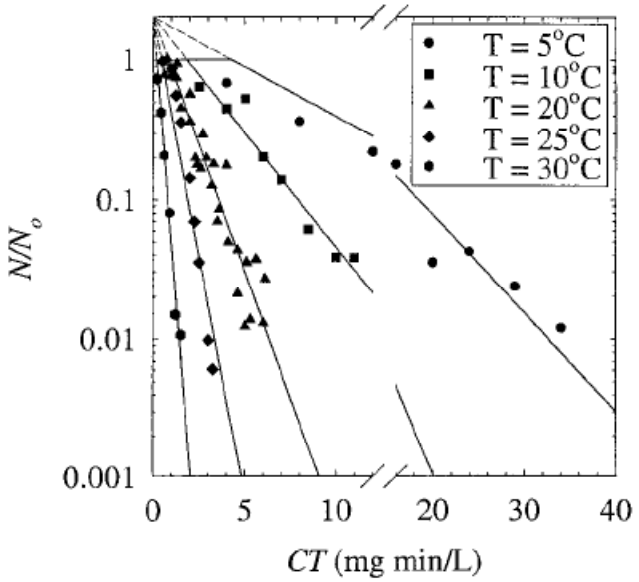

Figura 2.4 Inactivación de *Cryptosporidium parvum* con ozono con un pH de 7.0 (Rennecker et. al 1999).

De esta manera se puede comprobar que, con temperatura y desinfectantes iguales, la inactivación de *Cryptosporidium parvum* resulta ser la más importante en la desinfección química del agua potable. Por esta razón se ha tomado a este protozoario como "microorganismo de diseño" de los procesos de desinfección química del agua potable.

No obstante, a pesar de su marcada resistencia a los agentes químicos, *Cryptosporidium* y *Giardia* han mostrado una elevada susceptibilidad a la radiación ultravioleta (UV). Diversos estudios han demostrado que estos microorganismos requieren de dosis relativamente bajas para su inactivación con UV en comparación con las dosis necesarias para algunos virus y bacterias relevantes.

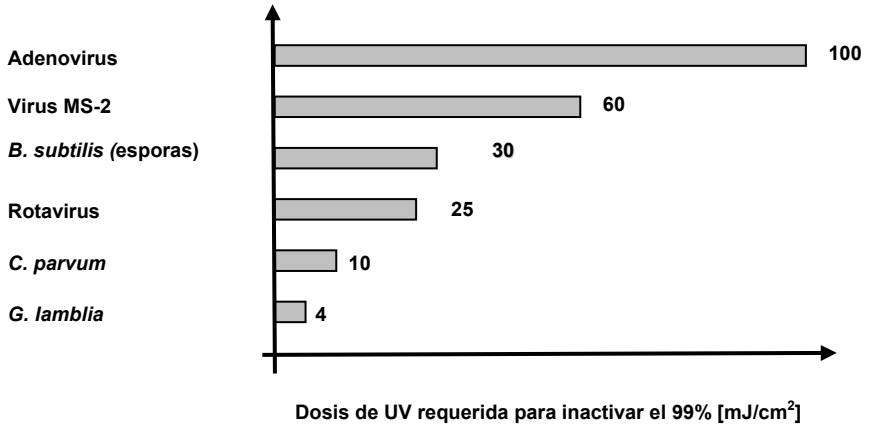

Figura 2.5 Comparación de la eficiencia de inactivación de la radiación UV en contra de diferentes microorganismos (Cotton et al., 2001; Shin et al., 2001; Chang et al., 1985).

De acuerdo a la información presentada en la Figura 2.5, las dosis de UV requeridas para inactivar 2 ciclos logarítmicos de *C. parvum* y *G. lamblia* son entre 5 y 20 veces menores que las necesarias para inactivar, al mismo nivel, adenovirus, rotavirus y algunas especies de bacterias esporuladas tales como *Bacillus subtilis*. Esta gráfica ilustra claramente la notable sensibilidad de los protozoarios a la radiación UV y el porqué otros microorganismos rigen el diseño de estos procesos de radiación con fines de potabilización.

2.2 Selección del microorganismo indicador

La razón principal por la cual se condujo esta breve revisión bibliográfica acerca de los microorganismos patógenos relevantes al tratamiento de agua potable fue la de identificar algún microorganismo que pudiera ser utilizado en este estudio para evaluar la eficiencia de la desinfección solar.

Se ha observado claramente que *Cryptosporidium* y *Giardia* son los microorganismos más resistentes a la desinfección química, pero que a su vez resultan ser de los más sensibles a la desinfección por radiación UV. De manera similar, podría esperarse que estos microorganismos fueran igualmente sensibles a otros tipos de radiación, incluida la radiación solar. Por esta razón, se consideró que *Cryptosporidium* y *Giardia* no serían los microorganismos más adecuados para determinar la eficiencia de la radiación solar como proceso de desinfección.

Una vez considerado que los patógenos más resistentes a la desinfección química no son los adecuados para efectuar un estudio con radiación solar, se debía determinar un microorganismo indicador para la fase experimental de esta tesis. Este microorganismo tenía que ser esencialmente resistente a la radiación solar, fácil de manejar en el laboratorio y de preferencia no patogénico. Varias especies de virus o bacterias calificaban como posibles microorganismos de estudio, pero fueron las esporas de *Bacillus subtilis* las que finalmente se utilizaron por estar disponibles y cumplir con las características mencionadas. En el capítulo 3 se detalla el procedimiento de producción de estas esporas a partir de un cultivo de células vegetativas de *B. subtilis* conservado en refrigeración en los laboratorios de Química y Alimentos de la Universidad de las Américas – Puebla.